

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-037391

(43)Date of publication of application : 07.02.1997

(51)Int.Cl.

H04R 17/00  
C23C 14/08  
C23C 14/34  
C23C 14/35  
G01L 1/16  
G01N 29/24  
H01L 21/203  
H01L 21/66  
H01L 41/08  
H01L 41/09  
H01L 41/18  
H01L 41/22

(21)Application number : 07-207408

(71)Applicant : HITACHI CONSTR MACH CO LTD

(22)Date of filing : 21.07.1995

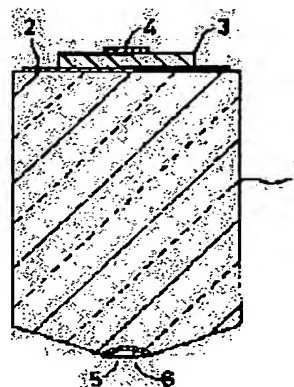
(72)Inventor : YAMAGUCHI SHOJI  
ONOZATO AKIMASA

### (54) PIEZOELECTRIC ELEMENT AND ITS MANUFACTURE

#### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a piezoelectric element having sensitivity necessary for flaw detection inside a material.

**SOLUTION:** The piezoelectric element has a lower electrode formed on a base, a zinc oxide thin film formed on the surface of the lower electrode film and an upper electrode formed on the surface of the zinc oxide thin film. A material having  $> (13 \times 10^6 \text{ kg/m}^2\text{s})$  acoustic impedance is used as the base and a strength ratio between the a-axis [1000]0 and c-axis [0001] of the zinc oxide based upon X-ray diffraction measurement is within the range of  $0 < a/c \leq 5.0$ . The zinc oxide thin film can be formed by a high frequency magnetron sputtering method under a condition satisfying an equation  $V = -0.125L + 1.95$  provided that L is an interval between the base and a target and V is film forming speed.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

15.07.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3325751

[Date of registration]

05.07.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-37391

(43) 公開日 平成9年(1997)2月7日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 R 17/00	3 3 0		H 0 4 R 17/00	3 3 0
C 2 3 C 14/08			C 2 3 C 14/08	C
				N
				R
				Z
14/34			14/34	
14/35			14/35	
審査請求 未請求 請求項の数12 F D (全 7 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平7-207408

(22) 出願日 平成7年(1995)7月21日

(71) 出願人 000005522

日立建機株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番2号

(72) 発明者 山口 祥司

茨城県土浦市神立町650番地 日立建機株式会社土浦工場内

(72) 発明者 小野里 陽正

茨城県土浦市神立町650番地 日立建機株式会社土浦工場内

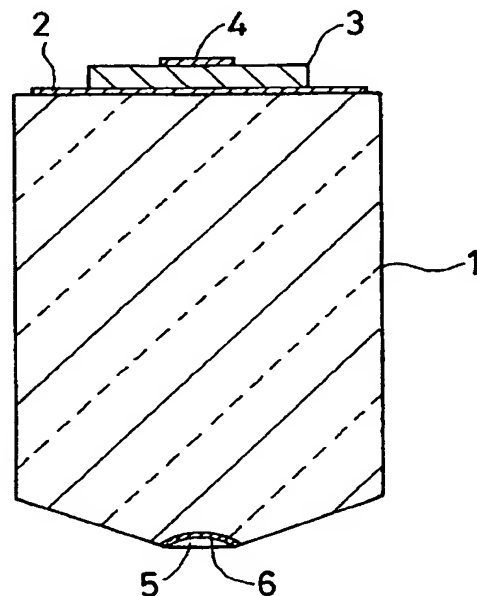
(74) 代理人 弁理士 梶山 信是 (外1名)

(54) 【発明の名称】 圧電素子およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 材料の内部探傷に必要な感度を有する圧電素子を提供する。

【解決手段】 基板上に形成された下部電極、該下部電極膜上に形成された酸化亜鉛薄膜及び該酸化亜鉛薄膜上に形成された上部電極を有する圧電素子において、基板として音響インピーダンスが $13 (\times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s})$ 以上の材料を使用し、酸化亜鉛のa軸 $[1000]$ とc軸 $[0001]$ とのX線回折測定による強度比が $0 < a/c \leq 5.0$ の範囲内とする。この酸化亜鉛薄膜は、基板と、ターゲットとの間の間隔しと、成膜速度Vとが、次の関係、 $V = -0.125L + 1.95$ を満たす条件下で高周波マグネトロンスパッタリング法により形成することができる。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に形成された下部電極、該下部電極膜上に形成された酸化亜鉛薄膜及び該酸化亜鉛薄膜上に形成された上部電極を有する圧電素子において、基板として音響インピーダンスが $13(\times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s})$ 以上の材料を使用し、酸化亜鉛のa軸[1000]とc軸[0001]とのX線回折測定による強度比が $0 < a/c \leq 5.0$ の範囲内であることを特徴とする圧電素子。

【請求項2】 基板材料がサファイアであり、酸化亜鉛のa軸[1000]とc軸[0001]とのX線回折測定による強度比が $0 < a/c \leq 0.2$ である請求項1の圧電素子。

【請求項3】 基板材料がダイヤモンド又はセラミック基板であり、酸化亜鉛のa軸[1000]とc軸[0001]とのX線回折測定による強度比が $0 < a/c \leq 1.0$ である請求項1の圧電素子。

【請求項4】 基板材料が石英、ガラス又は金属であり、酸化亜鉛のa軸[1000]とc軸[0001]とのX線回折測定による強度比が $0 < a/c \leq 5.0$ である請求項1の圧電素子。

【請求項5】 下部電極が金(Au)電極膜であり、基板材料がサファイアであり、酸化亜鉛のa軸[1000]とc軸[0001]とのX線回折測定による強度比が $0 < a/c \leq 0.2$ であり、超音波非破壊検査用プローブとして使用される請求項1の圧電素子。

【請求項6】 基板上に下部電極を形成し、この電極上に酸化亜鉛薄膜を形成し、さらに酸化亜鉛薄膜上に上部電極を形成することからなる圧電素子の製造方法において、音響インピーダンスが $13(\times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s})$ 以上の材料の基板と、酸化亜鉛薄膜を形成可能なターゲットとの間の間隔Lと、成膜速度Vとが、次の関係、 $V = -0.125L + 1.95$ を満たす条件下で高周波マグネトロンスパッタリング法により酸化亜鉛薄膜を生成、酸化亜鉛のa軸[1000]とc軸[0001]とのX線回折測定による強度比を $0 < a/c \leq 5.0$ の範囲内とすることを特徴とする圧電素子の製造方法。

【請求項7】 基板とターゲットとの間の間隔を $7.5 \sim 9.2 \text{ cm}$ の範囲内の値に維持して酸化亜鉛薄膜を形成する請求項6の方法。

【請求項8】 基板とターゲットとの間の間隔を $7.5 \sim 9.2 \text{ cm}$ の範囲内の値に維持し、 $0.8 \sim 1.0 \mu\text{m/h}$ の成膜速度で酸化亜鉛薄膜を形成する請求項6の方法。

【請求項9】 基板材料がサファイアであり、酸化亜鉛のa軸[1000]とc軸[0001]とのX線回折測定による強度比が $0 < a/c \leq 0.2$ である請求項6の方法。

【請求項10】 基板材料がダイヤモンド又はセラミッ

2

ク基板であり、酸化亜鉛のa軸[1000]とc軸[0001]とのX線回折測定による強度比が $0 < a/c \leq 1.0$ である請求項6の方法。

【請求項11】 基板材料が石英、ガラス又は金属であり、酸化亜鉛のa軸[1000]とc軸[0001]とのX線回折測定による強度比が $0 < a/c \leq 5.0$ である請求項6の方法。

【請求項12】 サファイア基板の下部電極形成面を光学研磨し、この光学研磨面に真空蒸着法により下部電極として金(Au)電極膜を形成し、基板とターゲットとの間の間隔を $7.5 \sim 9.2 \text{ cm}$ の範囲内の値に維持し、 $0.8 \sim 1.0 \mu\text{m/h}$ の成膜速度で酸化亜鉛薄膜を形成し、酸化亜鉛のa軸[1000]とc軸[0001]とのX線回折測定による強度比を $0 < a/c \leq 0.2$ とする請求項6の方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は圧電素子に関する。特に酸化亜鉛(ZnO)薄膜を用いた圧電素子の結晶性と感度との関係に関する。

【0002】

【従来の技術】基板上に形成された金(Au)電極膜、該金電極膜上に形成された酸化亜鉛薄膜及び該酸化亜鉛薄膜上に形成された金属(例えば、Au)製上部電極を有する圧電素子は、材料の内部を非破壊で観察するためのセンサ部分の超音波プローブとして広く使用されている。

【0003】上下の電極によってサンドイッチ構造にされた酸化亜鉛は、電極に電圧を印加することにより歪変形を起し、基板内部に超音波を放射することができ、電気信号を超音波に変換する。また、超音波を酸化亜鉛薄膜で受信し、歪み変形が生じることによって両電極間に電圧の差が生じ、超音波信号を電気エネルギーに変換することが可能となる。

【0004】このような超音波プローブを使用する非破壊検査装置の一例を図6に示す。図6において、符号60は超音波プローブを示し、61は被検体を示す。超音波プローブ60はX方向、Y方向及びZ方向に移動可能なステージ63、63'に保持されており、被検体61は水槽62内に配置されている。超音波プローブ60の一端は適当な伝送媒体(例えば、導線又は光ファイバ)により映像化装置64に接続されている。図6に示す装置は例えば、被検体内部の映像を撮る目的に使用される。超音波プローブ60あるいは被検体61をスキャナによって2次元(xy, xz, yz)に機械走査し、1個の超音波プローブあるいは送受信別々に2個の超音波プローブを用いて、被検体内部からの反射波や透過波をA/D変換してその信号強度に応じた映像の輝度で画像表示を行う。

【0005】酸化亜鉛(ZnO)の結晶構造は六方晶ウ

ルツァイト鉱構造をしており、C軸〔0001〕方向に良好な圧電特性（バルクの電気機械結合係数=0.3）を有するばかりか、比較的簡単に薄膜化できるために、圧電素子や弾性表面波フィルタ（SAWデバイス）として利用されている。

【0006】圧電素子から放射される超音波の周波数は圧電素子の厚み共振で決まる。この酸化亜鉛からなる圧電素子は、薄膜プロセスによっても形成できるため、厚みの薄い領域（約100MHz以上の高周波領域）で使用されている。

【0007】酸化亜鉛の薄膜は、蒸着、スパッタ、化学的気相成長（CVD）などによって形成することができる。ここでは、焼結した酸化亜鉛をスパッタリングターゲットとし、Ar及び酸素の混合ガス雰囲気中でスパッタリングを行う製造方法について述べる。まず、ガラスなどの基板上に下部電極となるAu薄膜を蒸着法によって成膜する。

【0008】このとき、酸化亜鉛薄膜を良好にC軸配向させるためにAu薄膜を〔111〕配向させるとよい。これは、酸化亜鉛薄膜の面方位である（0001）面の単位格子が面心立方格子の構造をもつAuの（111）面の単位格子と等価であるため、先に基板上に形成されるAu電極が〔111〕配向することで、その上に形成される酸化亜鉛のC軸配向が促進されるからである。Au電極の上に所望の厚さでスパッタで形成された酸化亜鉛薄膜の上にはさらに上部電極となるAu電極が蒸着によって形成される。

【0009】特公平5-41080号公報には、石英ガラス基板上に形成された金電極膜として（111）回折線ロッキングカーブの標準偏差が3度以下のものを使用する圧電素子が開示されている。しかし、このような構成の圧電素子を使用しても十分な感度が得られなかった。特に、材料の内部構造を観察するための装置では3%程度の感度が必要であるが、特公平5-41080号公報に開示された構造の圧電素子ではこの感度を達成することができないし、また感度にばらつきがあり、素子の不良品化、従って、歩留まり低下などの問題点が存在する。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明の目的は、材料の内部探傷に必要な感度を有する圧電素子を提供することである。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、基板上に形成された金（Au）電極膜、該金電極膜上に形成された酸化亜鉛薄膜及び該酸化亜鉛薄膜上に形成された上部電極を有する圧電素子において、基板として音響インピーダンスが $13 (\times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s})$ 以上の材料を使用し、酸化亜鉛のa軸〔1000〕とc軸〔0001〕とのX線回折測定による強

度比が $0 < a/c \leq 5$ 、0の範囲内であることを特徴とする圧電素子を提供する。

【0012】さらに、本発明は、基板上に下部電極である金（Au）を電子ビーム（EB）蒸着によって所定の厚さに成膜し、この電極上に高周波マグネトロンスパッタ法で酸化亜鉛薄膜を所定の厚さで形成し、さらに酸化亜鉛上に上部電極を形成することからなる圧電素子の製造方法において、音響インピーダンスが $13 (\times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s})$ 以上の材料の基板と、酸化亜鉛薄膜を形成可能なターゲットとの間の間隔Lと、成膜速度Vとが、次の関係、

$$V = -0.125L + 1.95$$

を満たす条件で酸化亜鉛薄膜を生成、酸化亜鉛のa軸〔1000〕とc軸〔0001〕とのX線回折測定による強度比を $0 < a/c \leq 5$ 、0の範囲内とすることを特徴とする圧電素子の製造方法を提供する。

【0013】

【発明の実施の形態】酸化亜鉛はc軸方向で高い圧電性をもつ。スパッタや蒸着によって酸化亜鉛薄膜を形成させた場合、通常多結晶となりやすく理想的な単結晶に近い組成の膜を形成するのは困難である。この場合、基板上に結晶成長させるとc軸以外の結晶軸も成長してしまう。ここで、スパッタ条件の最適化を図ることによって他の結晶軸、特にc軸と垂直な軸であるa軸の発生量を抑えることで感度を向上させることができる。

【0014】本発明の圧電素子では、基板として音響インピーダンスが $13 (\times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s})$ 以上の材料を使用する。このような要件を満たす基板材料は例えば、サファイア、石英、ガラス、Si、ダイヤモンド、セラミック基板、金属の何れかである。金属は例えば、ステンレス鋼、アルミニウム、銅などである。

【0015】サファイアの音響インピーダンスは $44 (\times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s})$ であり、石英及びガラスは $14 (\times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s})$ であり、Siは $14 \sim 20 (\times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s})$ であり、ダイヤモンドは $50 (\times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s})$ であり、セラミック基板（例えば、SiC）は $30 (\times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s})$ であり、金属例えば、ステンレス鋼の音響インピーダンスは $22 \sim 25 (\times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s})$ である。音響インピーダンスが $13 (\times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s})$ 未満の基板材料を使用すると、a軸の発生量が増大する傾向があり好ましくない。

【0016】基板の形状及び大きさは特に限定されない。圧電素子の用途に応じて、適切な形状及び大きさを選択することができる。このような選択は当業者にとって容易に実施できる。例えば、圧電素子が超音波非破壊検査用のプローブとして使用される場合、基板は直径が9～30mm程度の円柱形とすることができる。この基板は音響レンズとして使用される。基板の直径が小さいと、酸化亜鉛薄膜を成膜する際、基板表面の全体にわたって均一な膜厚分布を有する膜を成膜することができ

る。

【0017】本発明の圧電素子に必要な酸化亜鉛のa軸[1000]とc軸[0001]とのX線回折測定による強度比(a/c)は、使用される基板材料に応じて変化する。例えば、基板材料がサファイアの場合、 $0 < a/c \leq 0.2$ であり、ダイヤモンド又はセラミック基板の場合、 $0 < a/c \leq 1.0$ であり、石英、ガラス又は金属の場合、 $0 < a/c \leq 5.0$ である。

【0018】本発明の圧電素子における酸化亜鉛薄膜は高周波マグネトロンスパッタ法により生成される。高周波マグネトロンスパッタ法自体は当業者に公知である。この成膜方法を実施するのに使用される装置の一例を図2に示す。チャンバ21内にはターゲット26が配置されている。ターゲット26(例えば、焼結した酸化亜鉛)はターゲットホルダ27により保持されている。このターゲット26と対峙するように、ターゲットの上部に基板1が配置される。基板1は基板ホルダ28により保持されている。基板1はヒータ20により所定温度にまで加熱される。チャンバ21内には雰囲気ガス供給管22から、例えば、Ar及びO<sub>2</sub>などの雰囲気ガスを送入する。また、排気ダクト23から排気し、チャンバ21内を所定の真空度にする事ができる。

【0019】成膜する際、チャンバ内はアルゴン(Ar)及び酸素(O<sub>2</sub>)の混合ガス雰囲気が形成されている。アルゴンと酸素との混合比率は特に限定されない。ガス圧力も特に限定されない。一般的に、1.0~4.0バスカ(Pa)の範囲内のガス圧力を使用できる。2~3 Paの範囲内が好ましい。

【0020】ヒータ20で基板1を加熱する場合、基板を100℃~500℃の範囲内の温度にまで加熱することができる。加熱温度は使用される基板に素材に応じて変化させることができる。基板がサファイアである場合、加熱温度が低すぎるとスパッタ粒子のマイグレーションが起き難いなどの不都合が生じ、一方、加熱温度が高すぎると熱応力のため膜が割れるなどの不都合が生じるので好ましくない。

【0021】アルゴンと酸素との混合ガス雰囲気中で、Ar<sup>+</sup>イオンのような重い荷電粒子をZnOターゲットに照射し、その衝撃でターゲットから飛び出したZnO粒子を対向する基板表面に付着させる。印加する高周波出力は特に限定されないが、出力が低すぎると、成膜速度が遅くなり過ぎるなどの不都合が生じ、一方、出力が高すぎると結晶性が劣化するなどの不都合が生じるので好ましくない。

【0022】本発明の圧電素子の酸化亜鉛薄膜の生成において最も重要なファクタは、ターゲット26と基板表面との間の間隔である。この間隔は成膜速度と関連し、下記の式で示される関係を有する。

$$V = -0.125L + 1.95$$

(式中、Vは成膜速度であり、Lは間隔である。)ター

ゲットと基板表面との間隔Lは一般的に、7.5cm~9.2cmの範囲内であることが好ましい。従って、成膜速度は0.8~1.0μm/hの範囲内である。ターゲットと基板表面との間隔Lが7.5cm~9.2cmの範囲外の値の場合、得られた酸化亜鉛薄膜のa軸[1000]とc軸[0001]とのX線回折測定による強度比が $0 < a/c \leq 5.0$ の範囲外となり、圧電素子の感度を改善することができない。換言すれば、ターゲットと基板間の間隔が前記値の範囲外になると、成膜された酸化亜鉛薄膜の結晶軸としてa軸の発生量が増大し、圧電素子の感度を低下させる。なお、酸化亜鉛薄膜は基板表面に蒸着された下部電極膜上に成膜されるが、この下部電極膜の膜厚はせいぜい1μm以下なので、基板とターゲット間の間隔を設定する際において、下部電極の膜厚は無視可能である。

【0023】

【実施例】本発明の圧電素子の具体的使用例を図1に示す。図1は超音波非破壊検査用の焦点型プローブの概要断面図である。このプローブは基本的に音響レンズとなるサファイア基板1と、このサファイア基板の平面に蒸着されたAu薄膜からなる下部電極2と、この下部電極上に設けられた酸化亜鉛薄膜3と、この酸化亜鉛薄膜3の上面に蒸着されたAu薄膜からなる上部電極4と、下部電極2が設けられた面と反対側の面に凹レンズ様機能を果たす凹部5が設けられている。この音響レンズの凹部5が設けられた面が被検体(図示されていない)に接する面側となる。凹部5の内面には音響整合層6が設けられている。言うまでもなく、この凹部を有しない非焦点型プローブに対しても、本発明の圧電素子を使用することができる。

【0024】次に、図1の焦点型プローブの製造方法について説明する。基板兼音響レンズとしてサファイアの1端面を光学研磨したものを用いた。サファイアの研磨面と反対側の面には凹レンズが形成されていた。このような条件で研磨された端面に先ず真空蒸着法によって下部電極2を形成した。蒸着には常用の電子ビーム(E<sub>B</sub>)蒸着装置を用いた。基板温度を300℃に保ち、Auを150nmの厚さで蒸着した。

【0025】このAu薄膜上に高周波マグネトロンスパッタ法によって酸化亜鉛薄膜3を形成した。図2に示されるような高周波マグネトロンスパッタリング装置を使用し、(Ar(50%)+O<sub>2</sub>(50%))雰囲気中、酸化亜鉛をターゲット材とし、基板温度300℃、ガス圧2Pa、高周波出力200W、ターゲット材と基板の下部電極表面との間の間隔8cm、蒸着速度0.95μm/hの条件で、酸化亜鉛薄膜を形成した。更に、前記と同一のE<sub>B</sub>蒸着装置を使用し、この酸化亜鉛薄膜上に、上部電極4となるクロム及びAuをそれぞれ蒸着した。上部電極4のサイズはサファイアの先端部に加工する凹面レンズの大きさと同等の大きさにするため、所定

の大きさの穴があいたSUSマスクで酸化亜鉛薄膜3を覆って蒸着を行った。更に、サファイア先端の凹レンズ内面に音響整合層(SiO<sub>2</sub>)をスパッタリングによって形成させた。音響整合層6の存在により、サファイア1の先端から伝播媒質への超音波の透過効率が向上される。

【0026】酸化亜鉛薄膜3の厚みは、目的とする周波数に応じ、圧電素子が厚み共振したときの周波数が実際に使用する周波数となるように設計をすることができ

る。本発明のようなサファイア1上に圧電素子を形成する場合はサファイア1の音響インピーダンス(44)が酸化亜鉛3の音響インピーダンス(34)よりも大きい

ため、圧電素子は $1/4\lambda$ ( $\lambda$ は波長)共振をする。例えば、50MHzの周波数特性をもつ圧電素子を作りたい場合には、その厚みは、 $(1/4) \times (6400 \times 10^6 / 50 \times 10^6) = 32 \mu\text{m}$ となる。

【0027】圧電素子の感度は、形成した圧電素子の結晶性に依存する。従って、X線回折装置によって酸化亜鉛の結晶性を調べることで、圧電素子の感度を決定することができる。例えば、回折線測定によって酸化亜鉛3のc軸以外の結晶面が発生していないかを調べる。酸化亜鉛のc軸の格子定数は約2.5Åなので、X線回折でのピーク値は約 $34^\circ$ 付近に現れてくる。また、a軸については約 $31.7^\circ$ 付近である。これらの、ピーク値の強度比を計算することで薄膜形成に含まれるc軸とa軸との割合がわかる。

【0028】図3に酸化亜鉛形成後の回折線の様子を示す。回折線には酸化亜鉛3のc面(0001)と共にa面(1000)も観察される。a面はc面に対して直角な面であり、この軸が観察されることは酸化亜鉛薄膜内部の結晶構造に一部不規則な部分あるいは表面が粗く凹凸が多いことを示す。

【0029】そこで、X線回折測定によって得られたa軸とc軸の回折線の強度比を求め、感度と強度比との関係を調べた結果、図4に示す実験結果が得られた。サファイアの場合、 $0 < a/c \leq 0.2\%$ の条件では非常に高感度の酸化亜鉛薄膜が形成できることがわかる。

【0030】図5に感度評価を行う方法について示す。サファイア1上に形成された圧電素子3にパルス56からインパルス電圧 $V_p$ を加える。符号57はアッテネータを示し、インパルス電圧を調整する目的で使用される。圧電素子3から放射された超音波は音響レンズであるサファイア1の内部を通過したのち圧電素子と反対側の端部で反射して再び圧電素子3で受信され電気信号に変換される。ここで受信された超音波信号を増幅器58で増幅したのち、波形モニター59でその信号強度 $V_s$ を測定する。このようにして測定された信号強度から、酸化亜鉛薄膜3の感度を次の関係で求める。

$$\text{感度} = (V_s / V_p) \times 100$$

【0031】また、a軸の発生量が多い場合はサファイ

ア内に弾性波(縦波)のほかに、せん断波(横波)が生じる。通常の測定には弾性波を使うので、せん断波の発生は感度のロスを招くと同時に、レンズ内部で反射してノイズ成分となり測定の際に支障をきたすことがある。

【0032】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、音響インピーダンスが $13 (\times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s})$ 以上の基板材料を使用し、基板の下部電極上に形成される酸化亜鉛のa軸[1000]とc軸[0001]とのX線回折測定による強度比が $0 < a/c \leq 5$ の範囲内とすることにより超音波プローブの感度を向上させることができる。

【0033】酸化亜鉛はc軸方向で高い圧電性をもつ。スパッタや蒸着によって酸化亜鉛薄膜を形成させた場合、通常多結晶となりやすく理想的な単結晶に近い組成の膜を形成するのは困難である。この場合、基板上に結晶成長させるとc軸以外の結晶軸も成長してしまう。ここで、基板とターゲットとの間隔及び成膜速度などのスパッタ条件の最適化を図ることによって他の結晶軸、特にc軸と垂直な軸であるa軸の発生量を抑えることで、 $a/c$ の値を特定の範囲内に収め、感度を向上させることができる。本発明によれば、超音波プローブの高感度化によって、従来観察することのできなかった微小な内部欠陥を観察できるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の圧電素子からなる、超音波非破壊検査用の焦点型プローブの概要断面図である。

【図2】本発明の圧電素子用の酸化亜鉛薄膜を形成するのに使用される高周波マグネトロンスパッタリング装置の一例の概要構成図である。

【図3】実施例で形成した酸化亜鉛薄膜のX線回折分析の波形図である。

【図4】実施例で形成した酸化亜鉛薄膜のc軸とa軸の強度比と感度の関係を示す特性図である。

【図5】プローブの感度を測定するための装置構成を示す模式図である。

【図6】従来の超音波プローブを使用する非破壊検査装置の一例を示す概要構成図である。

【符号の説明】

- 1 サファイアレンズ(基板)
- 2 下部電極
- 3 酸化亜鉛薄膜
- 4 上部電極
- 5 凹部
- 6 音響整合層
- 20 ヒータ
- 21 チャンバ
- 22 雰囲気ガス送入口
- 23 排気ダクト
- 26 ZnOターゲット

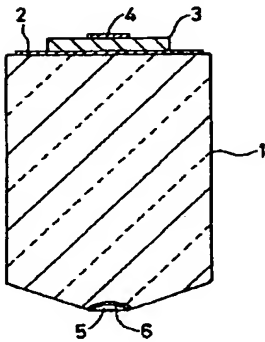
9

10

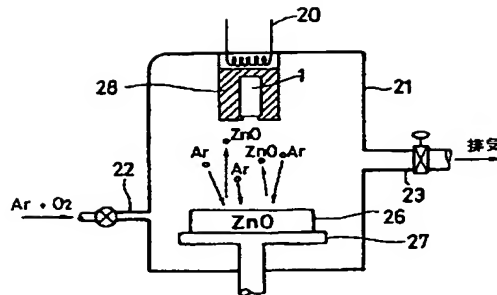
- 27 ターゲットホルダ  
28 基板ホルダ  
56 バルサ

- \* 57 アッテネータ  
58 増幅器  
\* 59 波形モニタ

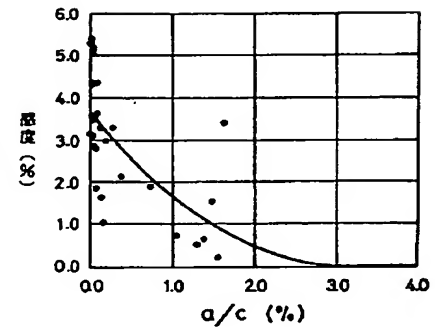
【圖 1】



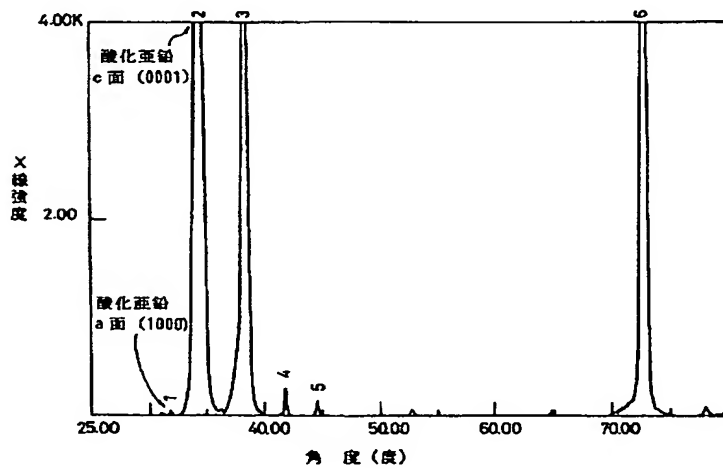
【圖2】



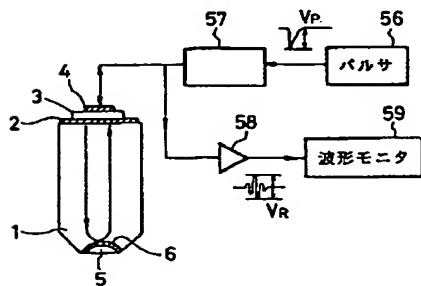
【圖4】



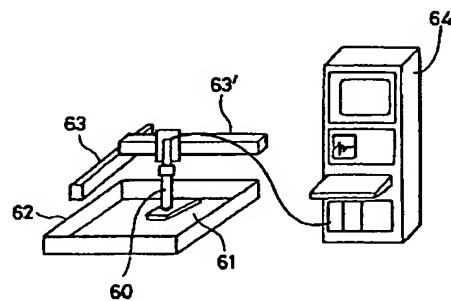
【圖 3】



【図5】



【図6】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 L 1/16			G 0 1 L 1/16	
G 0 1 N 29/24			G 0 1 N 29/24	
H 0 1 L 21/203			H 0 1 L 21/203	S
21/66			21/66	Z
41/08			41/08	Z
41/09				C
41/18			41/18	1 0 1 A
41/22			41/22	Z